

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Gliederung des Buches .....	5
<b>2 Grundlagen der projektiven Geometrie .....</b>	<b>9</b>
2.1 Die Geometrie der Perspektive .....	9
2.2 Definition des projektiven Raumes .....	12
2.3 Lineare Transformationen .....	13
2.4 Die projektive 1-D-Linie .....	14
2.5 Die projektive 2-D-Ebene.....	15
2.5.1 Punkte und Linien im Unendlichen .....	15
2.5.2 Die Homographie im $\mathcal{P}^2$ .....	17
2.5.3 Berechnung der Homographie.....	18
2.5.4 Die direkte lineare Transformation (DLT-Algorithmus).....	19
2.5.5 Anwendung der projektiven Transformation.....	20
2.5.6 Normierung der Messwerte .....	21
2.5.7 Dualität im $\mathcal{P}^2$ .....	22
2.6 Der projektive 3-D-Raum .....	25
2.6.1 Dualität im $\mathcal{P}^3$ .....	26
2.6.2 Der absolute Konic .....	28
2.7 Der affine Raum .....	30
2.8 Der euklidische Raum.....	32
2.9 Zusammenfassung .....	34
<b>3 Das Kameramodell .....</b>	<b>37</b>
3.1 Einleitung.....	37
3.2 Das Lochkameramodell .....	40
3.2.1 Externe Transformation.....	42
3.2.2 Perspektivische Transformation .....	43
3.2.3 Interne Transformation .....	44
3.2.4 Normierte Bildkoordinaten.....	45
3.2.5 Eigenschaften der perspektivischen Projektionsmatrix .....	47
3.2.6 Berücksichtigung von Linsenverzerrungen .....	48
3.3 Approximationen der perspektivischen Projektion.....	50
3.3.1 Orthographische Projektion.....	50
3.3.2 Schwach-perspektivische Projektion .....	51
3.3.3 Affine Projektion .....	53

3.4 Kamerakalibrierung .....	55
3.4.1 Schätzung der Kameraparameter .....	55
3.4.2 Das Bild des absoluten Konic .....	57
3.4.3 Intrinsische Kalibrierung mittels dreier Ebenen .....	62
3.4.4 Intrinsische Kalibrierung mittels Fluchtpunkten und Fluchtlinien .....	62
3.5 Zusammenfassung .....	63
<b>4 Die Epipolargeometrie.....</b>	<b>65</b>
4.1 Klassifizierung von Stereosystemen .....	65
4.2 Achsparallele Stereogeometrie .....	66
4.3 Die allgemeine Stereogeometrie .....	68
4.3.1 Beziehung in Kamerakoordinaten .....	70
4.3.2 Beziehung in Bildkoordinaten .....	73
4.4 Eigenschaften der Essential- und Fundamental-Matrix .....	75
4.5 Die Epipolargeometrie im achsparallelen Fall.....	76
4.6 Zusammenfassung .....	78
<b>5 Die Schätzung der projektiven Stereogeometrie.....</b>	<b>79</b>
5.1 Einleitung.....	79
5.2 Lineare Verfahren .....	80
5.2.1 Der 8-Punkt-Algorithmus .....	80
5.2.2 Berücksichtigung des Ranges der Matrix F .....	82
5.2.3 Geometrische Betrachtung des linearen Kriteriums .....	84
5.3 Iterative lineare Verfahren .....	84
5.4 Nichtlineare Verfahren .....	85
5.4.1 M-Schätzer .....	86
5.4.2 Verfahren zur Eliminierung von Ausreißern .....	86
5.5 Zusammenfassung .....	90
<b>6 Die Homographie zwischen zwei Ansichten .....</b>	<b>93</b>
6.1 Die verallgemeinerte Disparitätsgleichung.....	93
6.2 Die Homographie für Punkte im Unendlichen .....	94
6.3 Die Homographie koplanarer Punkte .....	96
6.4 Homographie und Fundamental-Matrix .....	98
6.4.1 Die kanonische Form der Projektionsmatrizen.....	99
6.4.2 Berechnung der Homographie.....	100
6.4.3 Berechnung der Fundamental-Matrix.....	101
6.5 Zusammenfassung .....	104
<b>7 Die Rektifikation.....</b>	<b>105</b>
7.1 Einleitung.....	105

---

7.2 Geometrische Beziehungen .....	107
7.3 Bestimmung der Transformationsvorschrift.....	109
7.3.1 Kalibrierter Fall .....	109
7.3.2 Unkalibrierter Fall .....	112
7.4 Transformation der Originalbilder.....	117
7.4.1 Verschiebung und Skalierung.....	118
7.4.2 Rückwärts-Transformation.....	120
7.4.3 Vorwärts-Transformation .....	122
7.5 Zusammenfassung .....	124
<b>8 Stereoanalyse.....</b>	<b>125</b>
8.1 Einleitung.....	125
8.1.1 Klassifikation von Systemen mit zwei Ansichten .....	126
8.1.2 Probleme bei der Korrespondenzanalyse.....	127
8.1.3 Zusammenhang zwischen Basislänge und Tiefe der Szene... ..	128
8.1.4 Einteilung der Verfahren .....	129
8.2 Ähnlichkeitsbedingungen in der Stereoanalyse.....	130
8.3 Pixelbasierte Verfahren .....	133
8.3.1 Parametrische Ähnlichkeitsmaße für das Block-Matching ...	134
8.3.2 Nicht-parametrische Ähnlichkeitsmaße.....	138
8.3.3 Lokale Disparität versus lokale Intensität.....	139
8.3.4 Block-Matching-Verfahren .....	140
8.3.5 Verwendung adaptiver Fenster.....	142
8.3.6 Hybrid-rekursives Matching.....	143
8.3.7 Der Konsistenztest.....	148
8.3.8 Dynamische Programmierung .....	151
8.4 Merkmalsbasierte Verfahren .....	152
8.4.1 Korrespondenzanalyse von Punktmerkmalen.....	152
8.4.2 Korrespondenzanalyse von Liniensegmenten .....	156
8.4.3 Verfahren zur Korrespondenzanalyse bei Liniensegmenten .	164
8.5 Tiefenanalyse aus Bewegung .....	170
8.6 Zusammenfassung .....	173
<b>9 3-D-Rekonstruktion .....</b>	<b>175</b>
9.1 Einleitung.....	175
9.2 Die Stereotriangulation.....	176
9.2.1 Homogenes Verfahren.....	177
9.2.2 Inhomogenes Verfahren .....	178
9.2.3 Unterschiede zwischen beiden Verfahren .....	178
9.2.4 Das nichtlineare Kameramodell .....	179
9.3 Volumetrische Rekonstruktion .....	180
9.4 Zusammenfassung .....	182

<b>10 Die Geometrie von drei Ansichten .....</b>	<b>185</b>
10.1 Einleitung.....	185
10.2 Die trifokale Ebene .....	187
10.3 Anwendung des trifokalen Stereo.....	188
10.4 Der projektive Parameter.....	189
10.5 Der trifokale Tensor.....	195
10.6 Berechnung des Tensors .....	198
10.6.1 Kalibrierter Fall .....	198
10.6.2 Unkalibrierter Fall .....	199
10.7 Tensor und Fundamental-Matrix .....	200
10.8 Beziehung zwischen mehr als drei Ansichten .....	201
10.9 Zusammenfassung .....	202
<b>11 Bildbasierte Synthese.....</b>	<b>203</b>
11.1 Einleitung.....	203
11.2 Synthese mit impliziter Geometrie .....	204
11.2.1 Zwischenbildinterpolation bei Stereoansichten.....	205
11.2.2 Die Extrapolation senkrecht zur Basislinie.....	213
11.2.3 Epipolar-Transfer .....	216
11.2.4 Trilineares Warping.....	218
11.2.5 Tiefenbasierte Synthese.....	222
11.3 Weitere Konzepte zur bildbasierten Synthese .....	225
11.3.1 Synthese ohne Geometrie .....	226
11.3.2 Synthese mit expliziter Geometrie .....	237
11.4 Zusammenfassung .....	239
<b>Anhang.....</b>	<b>241</b>
A Nomenklatur .....	241
B Abkürzungen.....	245
C Liste verwendeter englischer Bezeichnungen.....	246
D Mathematische Ausführungen .....	248
D.1 Grundlagen .....	248
D.2 Lösung linearer Gleichungssysteme mittels kleinstem Fehlerquadrat.....	252
D.3 Berechnung der Kameraparameter aus der Projektionsmatrix .....	257
E. 2-D Filter.....	258
E.1 Lineare Filter.....	258
E.2 Nichtlineare Filter .....	263
Bibliographie .....	265
Sachverzeichnis .....	273